

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07168343 A**

(43) Date of publication of application: **04 . 07 . 95**

(51) Int. Cl.

**G03F 1/08
H01L 21/027**

(21) Application number: **06214002**

(22) Date of filing: **07 . 09 . 94**

(30) Priority: **08 . 10 . 93 JP 05253198**

(71) Applicant: **DAINIPPON PRINTING CO
LTD ULVAC SEIMAKU
KK MITSUBISHI ELECTRIC CORP**

(72) Inventor: **TOKU AKIHIKO
KAWADA SUSUMU
YOSHIOKA NOBUYUKI**

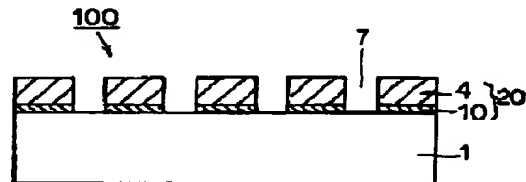
(54) PHASE-SHIFT MASK AND ITS PRODUCTION

(57) Abstract:

PURPOSE: To detect the defects of the phase-shift mask with a conventional defect inspection instrument without lowering the performance as a phase shift mask by using the phase shifter part consisting of a combination of a single-layer film and a transmission film.

CONSTITUTION: In this mask, the transmission film 10 which has a prescribed transmissivity and pattern is formed on the principal surface of the quartz substrate 1 that transmits the light for exposure and consists of e.g. a molybdenum silicide film. Also, the single-layer film 4 which consists of an almost homogeneous material that shifts the phase angle of the light for exposure by 180° in combination with the film 10 and has a 4 to 20% transmissivity is formed on the film 10. The single-layer film 4 consists of a molybdenum silicide oxide film or molybdenum silicide oxide nitride film, etc. The phase shifter part 20 comprises this single-layer film 4 and the transmission film 10. Thus, the dependence of the transmissivity of the phase shifter part 20 on the change in wavelength of the light to be transmitted can be reduced.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-168343

(43) 公開日 平成7年(1995)7月4日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A			
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 P
		7352-4M		5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-214002

(22) 出願日 平成6年(1994)9月7日

(31) 優先権主張番号 特願平5-253198

(32) 優先日 平5(1993)10月8日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(71) 出願人 000101710

アルバック成膜株式会社

埼玉県秩父市大字寺尾2804番地

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 藤 昭彦

埼玉県秩父市大字寺尾2804番地 アルバック成膜株式会社内

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

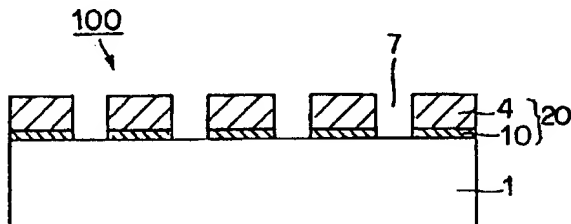
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 位相シフトマスクとしての性能を低下させることなく通常の欠陥検査装置を用いて、位相シフト部に発生した欠陥を容易に発見することができる構造を有する位相シフトマスクおよびその製造方法を提供する。

【構成】 この発明の位相シフトマスクは、露光光を透過する石英基板1と、この石英基板1の主表面上に所定の透過率を有する透過膜10と、この透過膜10の上に、透過膜10が露出する光透過部7と、透過膜10とともに露光光の位相角を180°変換し、かつ、透過率が4~20%となる略均一な材料からなる単層膜4とを備えている。



1 石英基板 4 単層膜 7 光透過部
10 透過膜 20 位相シフト部

Express Mail #EL719795338US

【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光光を透過する基板と、
前記基板の上の所定の領域に形成され、透過する前記露光光の位相角を略 180° 変換し、かつ、前記露光光の透過率が $4\sim 20\%$ となる位相シフト部と、を備え、
前記位相シフト部は、
略均一な材料からなる単層膜と、前記単層膜との組合せにおいて、透過率の波長依存性が小さい透過膜と、を含む、位相シフトマスク。

【請求項2】 前記基板の上の所定の領域に、前記基板 10
が露出する光透過部を有する、請求項1に記載の位相シフトマスク。

【請求項3】 前記基板が露出する前記光透過部の前記
基板表面に、前記透過膜を有する、請求項2に記載の位相シフトマスク。

【請求項4】 前記単層膜は、モリブデンシリサイドの
酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜であり、
前記透過膜は、モリブデン、モリブデンシリサイド、シリ 20
コン、窒化タンタル、金、白金、窒化シリコン、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、チタン、タンタル、タングステン、酸化タンタル、酸化窒化タンタル、酸化チタン、窒化チタン、酸化窒化チタン、酸化タングステン、ニオブ、酸化ニオブ、酸化窒化ニオブ、炭化ケイ素からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜である請求項1、請求項2または請求項3に記載の位相シフトマスク。

【請求項5】 前記単層膜は、モリブデンシリサイドの
酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜であり、
前記透過膜は、クロム、酸化クロム、酸化窒化クロム、
酸化窒化炭化クロム、ニッケルクロム、ニッケル、イン 30
コネル、酸化インジウム、酸化錫、酸化錫インジウム、アルミ、酸化アルミからなる群より選択される1種類の材料からなる膜である、請求項1、請求項2または請求項3に記載の位相シフトマスク。

【請求項6】 露光光を透過する基板の主表面上の所定
の領域に、透過する露光光の位相角を 180° 変換し、 40
かつ、 $4\sim 20\%$ の透過率を有する位相シフト膜を形成する工程と、
前記位相シフト膜の上に、帯電防止膜を形成する工程と、
前記帯電防止膜の上に、電子ビーム露光を用いて、所定のパターン形状を有するレジスト膜を形成する工程と、
前記レジスト膜をマスクとして、前記帯電防止膜と前記位相シフト膜のパターニングを行なう工程と、
前記帯電防止膜を除去する工程と、を備え、
前記位相シフト膜を形成する工程は、

略均一な材料からなる単層膜を形成する工程と、
前記単層膜との組合せにおいて、透過率の波長依存性が
小さい透過膜を形成する工程と、を含む、位相シフトマ
スクの製造方法。

【請求項7】 前記帯電防止膜を除去する工程は、
前記位相シフト膜をマスクとして、前記透過膜のパター
ニングを行なう工程を含む、請求項6に記載の位相シフ
トマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、位相シフトマスクに
関し、より特定的には、露光波長の光を減衰させる減衰
型の位相シフトマスクの構造およびその製造方法に関す
るものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路における高集積化
および微細化には目ざましいものがある。それに伴い、
半導体基板（以下、単位ウェハを称す）上に形成される
回路パターンの微細化も急速に進んできている。中で
も、フォトリソグラフィ技術が、パターン形成における
基本技術として広く認識されるところである。よって、
今日までに種々の開発、改良がなされてきている。しか
し、パターンの微細化は止まるところを知らず、パター
ンの解像度向上への要求もさらに強いものとなってきて
いる。

【0003】一般に、縮小露光方法を用いたフォトリソ
グラフィ技術における解像限界 R (nm) は、

$$R = k_1 \cdot \lambda / (NA) \quad \dots (1)$$

と表される。ここで、 λ は使用する光の波長 (nm)、
 NA はレンズの開口数、 k_1 はレジストプロセスに依存
する定数である。

【0004】上式からわかるように、解像限界の向上を
図るためには、 k_1 と λ との値は小さくし、 NA の値は
大きくすればよい。つまり、レジストプロセスに依存す
る定数を小さくするとともに、短波長化や高 NA 化を進
めればよいのである。しかし、光源やレンズの改良は技
術的に難しく、また、短波長化および高 NA 化を進める
ことによって、光の焦点深度 δ ($\delta = k_1 \cdot \lambda / (NA)^2$) が浅くなり、却って解像度の低下を招くとい
った問題も生じている。

【0005】ここで、従来のフォトマスクを使用したと
きのフォトマスク断面、マスク上の電場、レジスト膜上
の光強度および転写パターンについて、図18 (a)、
(b)、(c)、(d)を参照して、説明する。

【0006】まず、図18 (a)を参照して、フォトマ
スク30の構造について説明する。透明ガラス基板32
上には、所定形状のマスクパターン38が形成されてい
る。このマスクパターン38は、クロムなどからなる遮
光部34と、透明ガラス基板1が露出する透過部36と
を有している。

【0007】次に、図18(b)を参照して、フォトマスク30上の露光光の電場について説明する。フォトマスク30上の露光光の電場は、フォトマスクパターンに沿った電場となる。

【0008】次に、図18(c)を参照して、半導体ウェハ上の光強度について説明する。半導体ウェハ上の光強度は、微細なパターンの転写の場合、隣合ったパターン像においてはフォトマスクを透過した露光光が、光の回折現象および光の干渉効果により、光の重なり合う部分において、互いに強め合うことになる。このため、図10に示すように半導体ウェハ上の光強度の差が小さくなり、解像度が低下する。

【0009】その結果、レジスト膜に転写されるパターンは、図18(d)に示すように、フォトマスクのパターンが正確に反映されないものになってしまう。

【0010】これを解決するフォトマスクとして、たとえば特開昭57-62052号公報および特開昭58-173744号公報により、位相シフトマスクによる位相シフト露光法が提案されている。

【0011】ここで、特開昭58-173744号公報20に開示された位相シフトマスクによる位相シフト露光法について、図19(a)、(b)、(c)、(d)、(e)を参照して、説明する。

【0012】まず、図19(a)を参照して、位相シフトマスクの構造について説明する。ガラス基板32上に形成されたマスクパターン38の透過部36には、1つおきにシリコン酸化膜などの透明絶縁膜よりなる位相シフト40が設けられている。

【0013】次に、図19(b)を参照して、位相シフトマスク上の電場について説明する。この位相シフト40を透過した光によるマスク上の電場は、その位相が交互に180°反転して構成されている。そのため、隣合ったパターン像においては、位相シフトマスクを透過した光は重なり合う光の位相が反転する。

【0014】これにより、レジスト膜上での光の振幅は、図19(c)に示すようになる。したがって、レジスト膜上での光強度は、光の干渉効果により、光の重なり合う部分において互いに打消合い、図19(d)に示すようになる。

【0015】その結果、レジスト膜上において露光光の40光強度の差は十分となり、解像度の向上を図ることが可能となり、図19(e)に示すように、マスクパターンに従ったパターンをレジスト膜に転写することができる。

【0016】しかし、上記位相シフトマスクは、ライン・アンド・スペースなどの周期的なパターンに対しては非常に有効ではあるが、パターンが複雑な場合には、位相シフトの配置等が非常に困難となり、任意のパターンには設定できないという問題点があった。

【0017】そこで、本出願の発明者は、特願平5-9 50

1445号において、減衰型の位相シフトマスクを開示している。以下、この特願平5-91445号に開示された減衰型の位相シフトマスクについて説明する。

【0018】図20を参照して、この減衰型位相シフトマスク200は、露光光を透過する石英基板50と、この石英基板50の主表面上に形成された位相シフトパターン60とを備えている。この位相シフトパターン60は、石英基板50が露出する光透過部51と、透過する露光光の位相と透過率とが、光透過部51を透過する露光光の位相角に対して180°変換し、かつ、透過率が4~20%であり、略均一な材料からなる位相シフト部52とから構成されている。

【0019】次に、図21(a)、(b)、(c)、(d)、(e)を参照して、上記構造よりなる位相シフトマスク200を透過する露光光の位相シフトマスク上の電場、レジスト膜上の光の振幅、レジスト膜上の光強度、およびレジスト膜に転写されるパターンについて説明する。

【0020】図21(a)は、上述した位相シフトマスク200の断面図である。マスク上の電場は、図21(b)に示すように露光パターンのエッジで位相が反転する。このため、レジスト膜上での露光光の振幅は、図21(c)に示すようになる。したがって、レジスト膜上の光強度は、図21(d)に示すように露光パターンのエッジ上での電場が必ずゼロとなる。

【0021】よって、露光パターンの光透過部51と、位相シフト部52とのウェハ上における電場の差が十分となり高い解像度を得ることが可能となる。その結果、図21(e)に示すように、位相シフトパターンに従ったパターンをレジスト膜に転写することができる。

【0022】次に、上記位相シフトマスク200の製造方法について、位相シフト膜の材料としてモリブデンシリサイド膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜を用いた場合について説明する。

【0023】図22~図25は、図20に示す位相シフトマスク200の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0024】まず、図22を参照して、石英基板50の上に、スパッタリング法を用いて、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜よりなる位相シフト膜52を形成する。その後、この位相シフト膜52の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて200℃以上の加熱処理を行なう。これにより、位相シフト膜52の成膜の、レジスト塗布プロセスなどの加熱処理(約180℃)による透過率の変動(0.5~1.0%)を防止することができる。

【0025】次に、後に形成する電子ビーム用レジスト膜の電子ビームによる露光時の帯電を防止するために、モリブデンなどからなる帯電防止膜61を約100Å形成する。その後、この帯電防止膜61の上に、電子ビー

ム用レジスト膜53(日本ゼオン製 ZEP-810S(登録商標))を膜厚約5000Å形成する。

【0026】次に、図23を参照して、電子ビーム用レジスト膜53の所定位置に、電子ビームを露光する。その後、このレジスト膜53を現像することにより、所定のパターンを有するレジスト膜53を形成する。

【0027】次に、図24を参照して、上記レジスト膜53をマスクとして、帯電防止膜61および位相シフト膜52のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRIEイオンエッチング装置を用いて、電極基板間距離を160mm、作動圧力2000.3 Torr、反応ガスCF₄+O₂を用いてそれぞれの流量を約95 sccmおよび約5 sccmによりエッチング時間約11分によりエッチングを行なう。

【0028】次に、図25を参照して、レジスト膜53および帯電防止膜61を除去する。以上により、この実施例における位相シフトマスク200が完成する。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術においては、以下に述べる問題点を有している。

【0030】図26を参照して、モリブデンシリサイド酸化膜(図中実線A)またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜(図中実線B)からなる位相シフト膜52は、k_rFレーザ(248nm)に対しては透過率が10%以下であるのに対して、たとえば位相シフトマスクの欠陥検査に用いられる欠陥検査装置の光の波長、488nmの光に対しては、透過率が30%~60%となってしまう。

【0031】そのために、位相シフトマスクの欠陥検査装置において、488nmの波長の光を使用する通常の欠陥修正装置(KLA3シリーズ)を用いた場合、位相シフトマスクに発生した欠陥に対する検出感度が小さくなってしまふ。

【0032】この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、位相シフトマスクとしての性能を低下させることなく、通常の欠陥検査装置を用いて位相シフトマスクに発生した欠陥を検出することができる構造を有する位相シフトマスクおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0033】

【課題を解決するための手段】請求項1における位相シフトマスクは、露光光を透過する基板と、上記基板の上の所定の領域に形成され、透過する上記露光光の位相角を略180°変換し、かつ、露光光の透過率が4~20%となる位相シフト部とを備えている。さらに、上記位相シフト部は、略均一な材料からなる単層膜と、上記単層膜との組合せにおいて、透過率の波長依存性が小さい透過膜とを含んでいる。

【0034】請求項2における位相シフトマスクは、上記基板の上の所定の領域に、上記基板が露出する光透過

部を有している。

【0035】請求項3における位相シフトマスクは、上記基板が露出する上記光透過部の上記基板表面に、上記透過膜を有している。

【0036】請求項4における位相シフトマスクは、上記単層膜は、モリブデンシリサイドの酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜であり、上記透過膜は、モリブデン、モリブデンシリサイド、シリコン、窒化タンタル、金、白金、窒化シリコン、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、チタン、タンタル、タングステン、酸化タンタル、酸化窒化タンタル、酸化チタン、窒化チタン、酸化窒化チタン、酸化タングステン、ニオブ、酸化ニオブ、酸化窒化ニオブ、炭化ケイ素からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜である。

【0037】請求項5における位相シフトマスクは、上記単層膜は、モリブデンシリサイドの酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜であり、前記透過膜は、クロム、酸化クロム、酸化窒化クロム、酸化窒化炭化クロム、ニッケルクロム、ニッケル、インコネル、酸化インジウム、酸化錫、酸化錫インジウム、アルミ、酸化アルミからなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜である。

【0038】請求項6における位相シフトマスクの製造方法は、以下の工程を備えている。まず、露光光を透過する基板の主表面上の所定の領域に、透過する露光光の位相角を180°変換し、かつ、4~20%の透過率を有する位相シフト膜が形成される。その後、上記位相シフト膜の上に、帯電防止膜が形成される。

【0039】次に、上記帯電防止膜の上に、電子ビーム露光を用いて、所定のパターン形状を有するレジスト膜が形成される。

【0040】次に、上記レジスト膜をマスクとして、上記帯電防止膜と上記位相シフト膜のパターニングが行なわれる。その後、上記帯電防止膜が除去される。

【0041】さらに、上記位相シフト膜を形成する工程は、略均一な材料からなる単層膜を形成する工程と、上記単層膜との組合せにおいて、透過率の波長依存性が小さい透過膜を形成する工程とを含んでいる。

【0042】請求項7における位相シフトマスクの製造方法においては、上記帯電防止膜を除去する工程は、上記位相シフト膜をマスクとして、上記透過膜のパターニングを行なう工程を含んでいる。

【0043】

【作用】この発明に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、位相シフト部が、略均一な材料からなる単層膜と、この単層膜との組合せにおいて、透過率の波長依存性が小さい透過膜とを含んでいる。これにより、位相シフト部の透過率は、透過する光の波長の変

化に対しても依存性が小さくなり、たとえば、光の波長が長波長になっても、従来の位相シフトマスクに比べて、透過率を小さくすることができる。その結果、従来から用いられている欠陥検査装置を用いても、位相シフト部に発生した欠陥の検出精度を向上させることが可能となる。

【0044】

【実施例】以下、この発明に基づいた第1の実施例について説明する。

【0045】まず、図1を参照して、この実施例における位相シフトマスクの構造について説明する。この位相シフトマスク100は、露光光を透過する石英基板1と、この石英基板1の主表面上に形成された所定の透過率とパターンを有する透過膜10とを備えている。さらに、この透過膜10の上には、この透過膜10とともに、露光光の位相角を180°変換し、かつ、透過率が4~20%となる略均一な材料からなる単層膜4とが形成されている。位相シフト部4は、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜などから構成されている。この単層膜4と透過膜10とにより、位相シフト部20を構成している。

【0046】なお、この単層膜4は、その製造工程において、単層膜4の下層部分と上層部分において、膜を構成する組成の組成比が若干異なる場合もあるが、ここでは、組成材料が同じであるものを単層膜と呼ぶこととする。

【0047】また、透過膜10は、たとえばモリブデン、モリブデンシリサイド、シリコン、窒化タンタル、金、白金、窒化シリコン、酸化シリコン、酸窒化シリコン、チタン、タンタル、タングステン、酸化タンタル、酸窒化タンタル、酸化チタン、窒化チタン、酸窒化チタン、酸化タングステン、ニオブ、酸化ニオブ、酸窒化ニオブ、炭化ケイ素からなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜で形成されている。

【0048】以上のように、単層膜4および透過膜10に、上述したような材料を用いることにより、位相シフト部20における透過率は、透過する光の波長の変化に対しても依存性が小さくなる。たとえば、図16を参照して、透過膜10にモリブデンシリサイド膜を用い、単層膜4にモリブデンシリサイドの酸化窒化膜を用いた場合について説明する。モリブデンシリサイド膜(図中A)およびモリブデンシリサイドの酸化窒化膜(図中B)のみの場合それぞれ光が長波長になるにつれ透過率も上昇しているが、透過膜10にモリブデンシリサイド膜、単層膜4のモリブデンシリサイドの酸化窒化膜を用いた場合(図中C)は、従来のモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる位相シフトマスクの透過率に比べて、光の波長が長波長になっても、透過率を小さく設定することが可能となっている。

【0049】上記構成よりなる位相シフトマスク100

を用いて露光を行なった場合でも、図21の従来技術で説明した位相シフトマスクと同様の作用効果を得ることができる。また、この実施例における位相シフトマスクによれば、位相シフト部は石英基板1の上に、上記材料を用いて形成された所定の透過率を有する透過膜10と単層膜4とから構成されている。これにより、位相シフト部透過率の波長依存性が従来の位相シフトマスクよりも小さくなる。

【0050】その結果、従来から用いられている、波長が488nmの欠陥検査装置を用いても、位相シフト部に発生した欠陥の検出精度を向上させることが可能となる。

【0051】次に、上記位相シフトマスク100の製造方法について、図2~図6を参照して説明する。

【0052】図2~図6は、図1に示す位相シフトマスク100の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0053】まず、図2を参照して、石英基板1の上に、所定の透過率を有する透過膜10を形成する。このとき、透過膜10には、上述したように、モリブデン、モリブデンシリサイド、シリコン、窒化タンタル、金、白金、窒化シリコン、酸化シリコン、酸窒化シリコン、チタン、タンタル、タングステン、酸化タンタル、酸窒化タンタル、酸化チタン、窒化チタン、酸窒化チタン、酸化タングステン、ニオブ、酸化ニオブ、酸窒化ニオブ、炭化ケイ素からなる群より選択される少なくとも1種類の材料からなる膜であることが好ましい。

【0054】次に、この透過膜10の上に、スパッタリング法を用いて、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜よりなる単層膜4を成膜し、マスクブランクスを形成する。その後、この単層膜4の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて200℃以上の加熱処理を行なう。これにより、単層膜の成膜のレジストとプロセスなどの加熱処理(約180℃)による透過率の変動(0.5~1.0%)を防止することができる。

【0055】次に、この単層膜4の上に、後に形成される電子ビーム用レジスト膜の電子ビームによる露光時の帯電を防止するために、モリブデンなどからなる帯電防止膜6を約100Å形成する。その後、この単層膜4の上に、電子ビーム用レジスト膜5(日本ゼオン製 ZEP-810S(登録商標))などを膜厚約5000Å形成する。

【0056】次に、図3を参照して、電子ビーム用レジスト膜5に、所定のパターンを有するように電子ビームを露光する。その後、レジスト膜5を現像することにより、所定形状のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0057】次に、図4を参照して、レジスト膜5をマスクとして、単層膜4と帯電防止膜6と透過膜10との

エッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRIEイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を60mm、作動圧力0.3 Torr、反応ガスCF₄、+O₂を用いてそれぞれの流量を95 sccmおよび5 sccmにより、エッチング時間約11分によりエッチングを行なう。

【0058】次に、図5を参照して、レジスト膜5の除去を行なう。その後、図6を参照して、たとえばモリブデン膜などからなる帯電防止膜6を、50~100℃の硫酸化水を用いて除去を行なう。これにより、図1に示す位相シフトマスクが完成する。

【0059】次に、この発明に基づいた第2の実施例について、図7を参照して説明する。この第2の実施例における位相シフトマスク150Aの構造は、図1に示す位相シフトマスク100の構造と同じ構造を有しているが、透過膜10の材質が異なっている。この実施例における透過膜10は、クロム、酸化クロム、酸化窒化クロム、酸化窒化炭化クロム、ニッケルクロム、ニッケル、インコネル、酸化インジウム、酸化錫、酸化錫インジウム、アルミ、酸化アルミからなる群より選択される、少なくとも1種類の材料からなる膜で形成されている。

【0060】以上のように、単層膜4および透過膜10に、上述したような材料を用いても第1の実施例と同様に位相シフト部20における透過率は、透過する光の波長の変化に対しても依存性が小さくなる。たとえば、図17を参照して、透過膜10に酸化クロム膜、単層膜4にモリブデンシリサイドの酸化窒化膜を用いた場合の透過率の波長依存性について説明する。図に示すように、酸化クロム膜(図中A)およびモリブデンシリサイドの酸化窒化膜(図中B)の光の透過率は、光の波長が長波長になるにつれ透過率も大きくなるが、透過膜10に酸化クロム膜を用い、単層膜4にモリブデンシリサイドの酸化窒化膜を用いた場合(図中C)、モリブデンシリサイドの酸化窒化膜のみからなる位相シフト部に比べて、光が長波長になっても、透過率を低く設定することが可能となる。

【0061】次に、上記位相シフトマスク150Aの製造方法について、図8~図12を参照して説明する。

【0062】図8~図12は、図7に示す位相シフトマスク150Aの断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0063】まず、図8を参照して、石英基板1の上に、所定の透過率を有する透過膜10を形成する。この透過膜10の材質は、上述したように、クロム、酸化クロム、酸化窒化クロム、酸化窒化炭化クロム、ニッケルクロム、ニッケル、インコネル、酸化インジウム、酸化錫、酸化錫インジウム、アルミ、酸化アルミからなる群より選択される少なくとも1種類の材料からなる膜であることが好ましい。

【0064】次に、この透過膜10の上に、スパッタリ

ング法を用いて、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜よりなる単層膜4を成膜し、マスクブランクスを形成する。その後、この単層膜4の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて200℃以上の加熱処理を行なう。これにより、単層膜の成膜のレジストとプロセスなどの加熱処理(約180℃)による透過率の変動(0.5~1.0%)を防止することができる。

【0065】次に、この単層膜4の上に、後に形成される電子ビーム用レジスト膜の電子ビームによる露光時の帯電を防止するために、モリブデンなどからなる帯電防止膜6を約100Å形成する。その後、この単層膜4の上に、電子ビーム用レジスト膜5などを膜厚約5000Å形成する。

【0066】次に、図9を参照して、電子ビーム用レジスト膜5に、所定のパターンを有するように電子ビームを露光する。その後、レジスト膜5を現像することにより、所定形状のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0067】次に、図10を参照して、レジスト膜5をマスクとして、単層膜4と帯電防止膜6のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRIEイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を60mm、作動圧力0.3 Torr、反応ガスCF₄、+O₂を用いてそれぞれの流量を95 sccmおよび5 sccmにより、エッチング時間約11分によりエッチングを行なう。

【0068】このとき、透過膜10は、上記反応ガスCF₄、+O₂に対してはエッチングされることはない。そのために、エッチング時間に誤差が生じた場合であっても、石英基板1が上記エッチングガスによりオーバーエッチングされることがない。

【0069】次に、図11を参照して、レジスト膜5の除去を行なう。その後、図12を参照して、たとえばモリブデン膜などからなる帯電防止膜6と、露出した透過膜10とをCrのウェットエッチング液等を用いて同時に除去する。これにより、図7に示す位相シフトマスクが完成する。

【0070】次に、この発明に基づいた第3の実施例について、図13を参照して説明する。この第3の実施例における位相シフトマスク150Bの構造は、第2の実施例に示した位相シフトマスク150Aに用いられた透過膜10と同じ材質を有するが、光透過部7において、透過膜10が形成された状態となっている。このように、光透過部7に透過膜10が残存する場合であっても、光透過部7を透過する露光光の透過率が4~20%であり、位相角が約180°となるように透過膜10および単層膜4の膜厚を調整することで、第1および第2の実施例と同様の作用・効果を得ることができる。

【0071】次に、本実施例における製造工程について

説明する。なお、本実施例において透過膜10に用いられる材料は、第2の実施例と同じクロム、酸化クロム、酸化窒化クロム、酸化窒化炭化クロム、ニッケルクロム、ニッケル、インコネル、酸化インジウム、酸化錫、酸化錫インジウム、アルミ、酸化アルミからなる群より選択される1種類の材料からなる膜が用いられている。

【0072】なお、本実施例において、第2の実施例で説明した図8ないし図10に示す工程は同一であるためここでの説明は省略する。

【0073】まず、図14を参照して、レジスト膜5の除去を行なう。その後、図15を参照して、たとえばモリブデンなどからなる帯電防止膜6を50~100℃の硫酸過水を用いて除去する。以上により、本実施例の位相シフトマスク150Bが完成する。

【0074】

【発明の効果】この発明に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、位相シフト部が、略均一な材料からなる単層膜と、この単層膜との組合せにおいて、透過率の波長依存性が小さい透過膜とを含んでいる。これにより、位相シフト部の透過率は、透過する光の波長の変化に対しても依存性が小さくなり、たとえば、光の波長が長波長になっても、従来の位相シフトマスクに比べて、透過率を小さくすることができる。その結果、従来から用いられている欠陥検査装置を用いても、位相シフト部に発生した欠陥を容易に検出することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの断面構造図である。

【図2】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す図である。

【図3】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図4】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図5】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図6】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第5製造工程を示す断面図である。

【図7】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの断面構造図である。

【図8】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面構造図である。

【図9】 この発明に基づいた第2の実施例における位

相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図10】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図11】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図12】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第5製造工程を示す断面図である。

【図13】 この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図14】 この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図15】 この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図16】 この発明に基づいた位相シフトマスクの透過率依存性を示す第1の図である。

【図17】 この発明に基づいた位相シフトマスクの透過率依存性を示す第2の図である。

【図18】 従来の技術のフォトリソマスクを用いた場合のマスク断面、マスク上の露光光の電場、半導体ウェハ上の光強度、レジスト膜に転写されるパターンを示す模式図である。

【図19】 従来の技術における位相シフトマスクを用いた場合の位相シフトマスクの断面、位相シフトマスク上の電場、レジスト膜上での光の振幅、レジスト膜上での光強度、レジスト膜に転写されるパターンを示す模式図である。

【図20】 従来技術における減衰型位相シフトマスクの断面構造図である。

【図21】 従来の技術における減衰型位相シフトマスクを用いた場合の、マスク断面、マスク上の電場、レジスト膜上の電場、レジスト膜上の光強度、レジスト膜に転写されるパターンを示す模式図である。

【図22】 従来技術における減衰型位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図23】 従来技術における減衰型位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図24】 従来技術における減衰型位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図25】 従来技術における減衰型位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

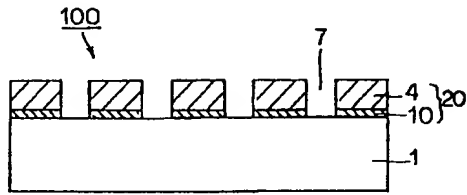
【図26】 位相シフト膜の波長に対する透過率の関係を示す図である。

【符号の説明】

100, 150A, 150B 減衰型位相シフトマスク、1 石英基板、4 単層膜、7 光透過部、10 透

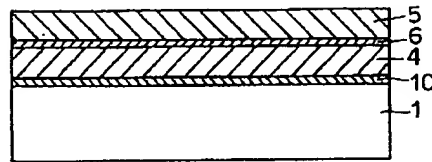
過膜、20 位相シフト部。なお、図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【図1】

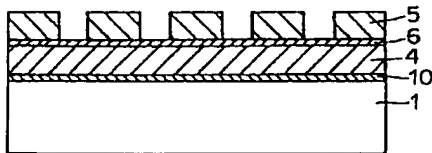


1 石英基板 4 単層膜 7 光透過部
10 透過膜 20 位相シフト部

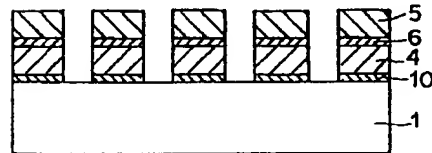
【図2】



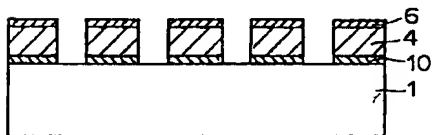
【図3】



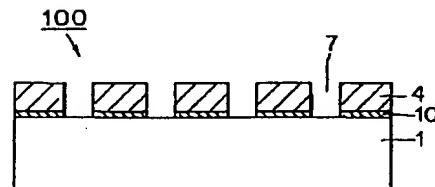
【図4】



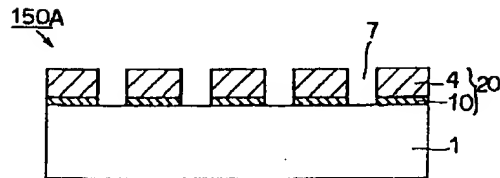
【図5】



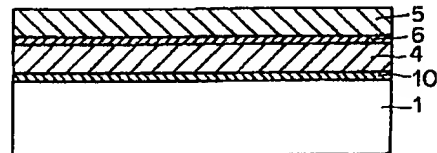
【図6】



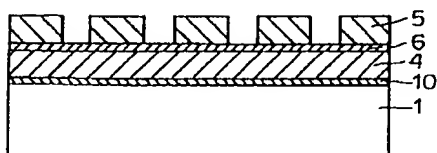
【図7】



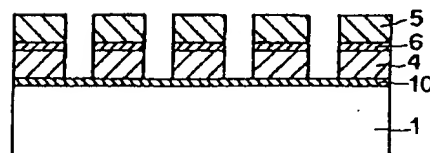
【図8】



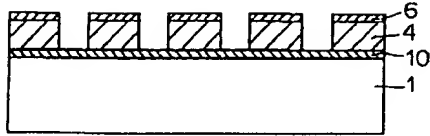
【図9】



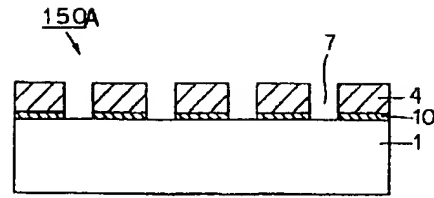
【図10】



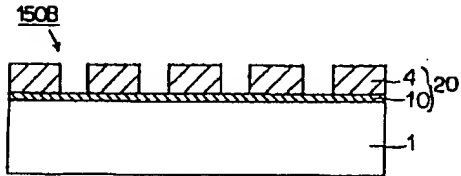
【図 1 1】



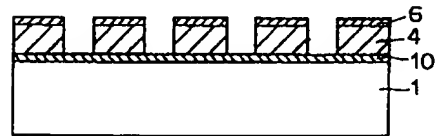
【図 1 2】



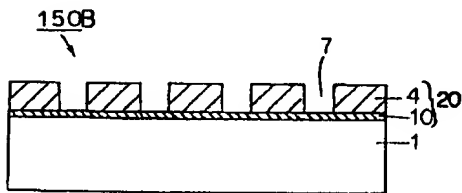
【図 1 3】



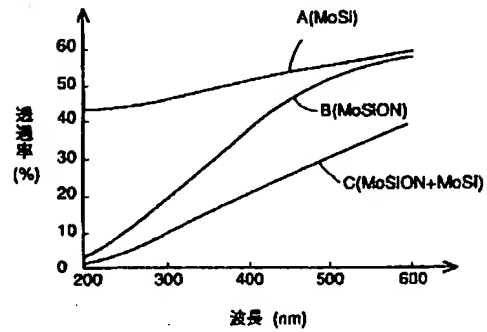
【図 1 4】



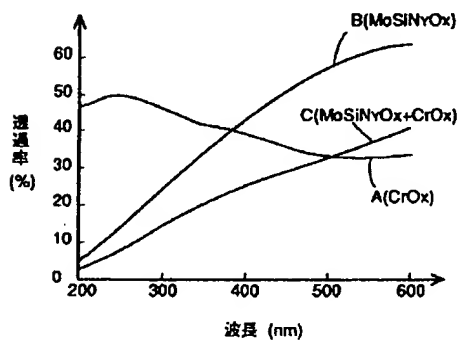
【図 1 5】



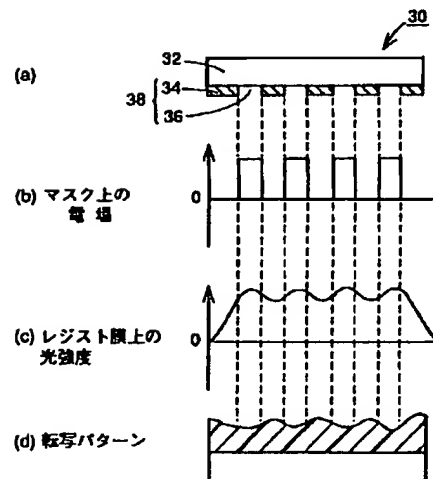
【図 1 6】



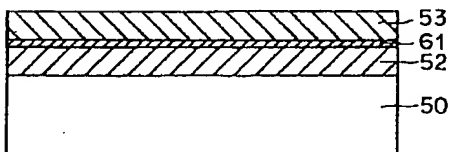
【図 1 7】



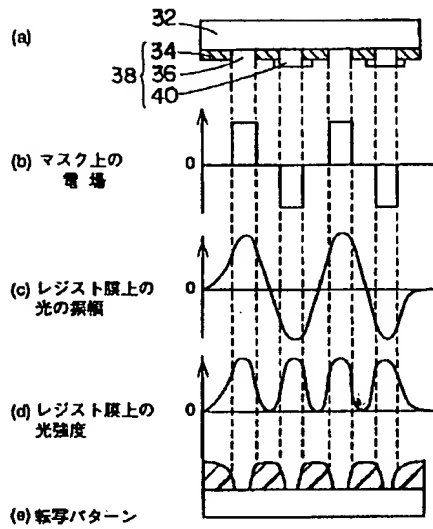
【図 1 8】



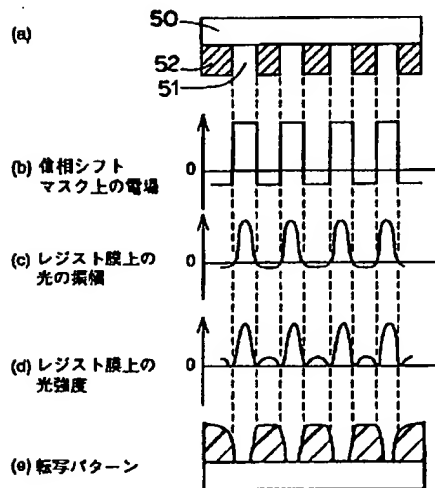
【図 2 2】



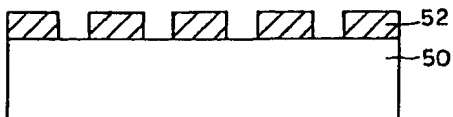
【図 19】



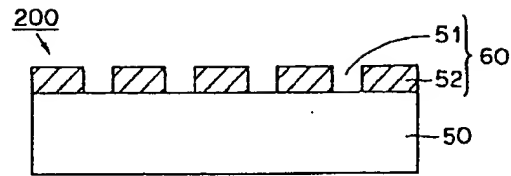
【図 21】



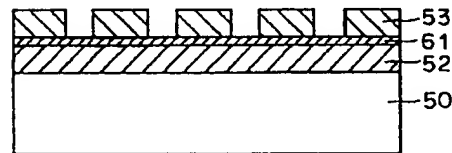
【図 25】



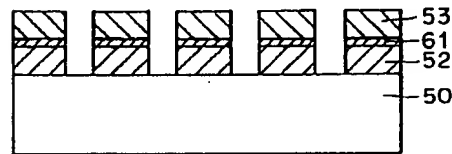
【図 20】



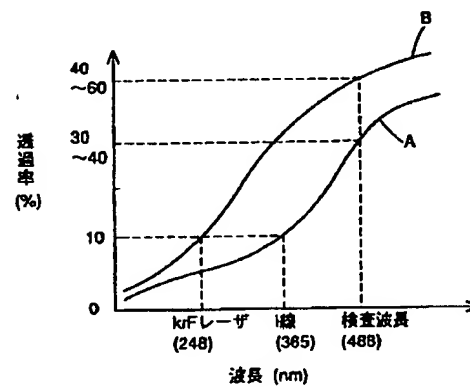
【図 23】



【図 24】



【図 26】



フロントページの続き

(72)発明者 川田 前

埼玉県秩父市大字寺尾2804番地 アルパッ
ク成膜株式会社内

(72)発明者 吉岡 信行

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機
株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究
所内